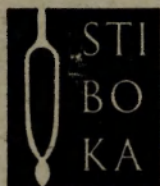


W31396.1416.2

STICHTING VOOR BODEMKARTERING  
WAGENINGEN

DE INVLOED VAN DRAINAGE EN VERBETERDE ONTWATERING OP  
DE VERTICALE VERZADIGDE DOORLATENDHEID VAN KOMKLEI-  
EN KNIPKLEIGRONDEN



*1000 1-  
1000 -*

Rapport nr. 1416

DE INVLOED VAN DRAINAGE EN VERBETERDE ONTWATERING OP DE VERTICALE  
VERZADIGDE DOORLATENDHEID VAN KOMKLEI- EN KNIPKLEIGRONDEN

door: L.W. Dekker en  
J. Bouma

Wageningen, mei 1978



N.B. Gegevens uit dit rapport mogen zonder toestemming van de Stichting voor Bodemkartering uitsluitend door de opdrachtgever worden vermenigvuldigd of in andere publikaties worden overgenomen.

	<u>Blz.</u>
<u>VOORWOORD</u>	5
<u>SAMENVATTING</u>	6
1 <u>INLEIDING</u>	7
2 <u>BODEMGESTELDHEID EN SITUERING VAN DE MEETPUNTEN</u>	9
2.1 Het komkleigebied	9
2.2 Het knipkleigebied	10
3 <u>GEVOLGDE METHODEN</u>	11
3.1 Meten van de verticale verzadigde doorlatendheid met de kolommenmethode	11
3.2 Meten van de verzadigde doorlatendheid van de ondergrond volgens de boorgatenmethode	12
3.3 Meten van sloot- en grondwaterstanden	13
4 <u>RESULTATEN EN DISCUSSIE BIJ DE KOMKLEIGRONDEN</u>	14
4.1 De verticale K-verz. waarden van de zware komkleilagen	14
4.2 Doorlatendheidsgegevens verkregen met behulp van de boorgatenmethode	15
4.3 Grond- en slootwaterstanden en het functioneren van de drainage	16
5 <u>RESULTATEN EN DISCUSSIE BIJ DE KNIPKLEIGRONDEN</u>	18
5.1 Doorlatendheidsgegevens van de knipkleiprofielen	18
5.2 Grond- en slootwaterstandsgegevens	19
6 <u>CONCLUSIES</u>	20
6.1 Voor komklei	20
6.2 Voor knipklei	20
7 <u>LITERATUUR</u>	21
 <u>Afbeeldingen</u>	
1a, b, c. Situatiekaarten met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de komklei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten.	9
2. Situatiekaart met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de knipklei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten.	10
3. Hoeveelheid neerslag, neerslagoverschot en neerslagtekort uit de periode van onderzoek, vergeleken met de gegevens over een periode van 30 jaar (in het komkleigebied).	12
4. Hoeveelheid neerslag, neerslagoverschot en neerslagtekort uit de periode van onderzoek, vergeleken met de gegevens over een periode van 30 jaar (in het knipkleigebied).	12
5. Grondwaterstandsverloop van 20 december 1977 tot 17 mei 1978 op een proefplek bij Dalem.	16
6. Grond- en slootwaterstandsverloop van 12 december 1977 tot 17 mei 1978 op proefplek Asp1 in de Tielerwaard.	16
7. Grond- en slootwaterstandsverloop van medio december 1977 tot 17 mei 1978 op proefplek M6 in het Land van Maas en Waal.	16

- |   |    |
|---|----|
| 8. Grondwaterstandsverloop van medio december 1977 tot 17 mei 1978 vlakbij en midden tussen de drains van een proefplek met een nieuwe en goed functionerende drainage in het Land van Maas en Waal.          | 16 |
| 9. Grondwaterstanden gedurende vier maanden gemeten op een niet-gedraineerd, begreppeld graslandperceel met knipkleigrond (proefplek 10) en op een ernaast gelegen gedraineerd graslandperceel (proefplek 8). | 18 |

Foto's

- |   |    |
|---|----|
| 1. Wateroverlast in november 1977 in de Tielerwaard-West op een graslandperceel met een slecht functionerend drainagesysteem.   | 7  |
| 2. Niet-gedraineerde graslandpercelen in het Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard.  | 8  |
| 3. Uitgesneden verticale kolom zware komklei met een diameter van dertig cm en daarop aangebracht de ring van de infiltrometer. | 11 |
| 4. Meting van de verticale K-verz. in een van de ondergrond losgemaakte kolom komklei.  | 11 |
| 5. Horizontaal oppervlak in een kuil van een knipkleiprofiel met perforaties door wormen.                                       | 18 |

Tabellen

- |  |    |
|--|----|
| 1. Verticale K-verz. waarden van zware komkleilagen, gemeten op gedraineerde en op niet-gedraineerde percelen.                           | 14 |
| 2. Verticale K-verz. waarden van de oranje roestige kleilaag van knipkleigronden van gedraineerde en niet-gedraineerde graslandpercelen. | 18 |
| 3. Verticale K-verz. waarden van knipkleilagen van gedraineerde en niet-gedraineerde graslandpercelen.                                   | 18 |

## VOORWOORD

In opdracht van de Centrale Directie van de Landinrichtingsdienst te Utrecht werd in het voorjaar van 1978 een onderzoek ingesteld naar de invloed van de drainage en van een verbeterde ontwatering op de verticale verzadigde doorlatendheid van enige komkleigronden. Het onderzoek vond onder meer plaats op gedraineerde graslandpercelen in de Tielerwaard, het Land van Maas en Waal en de Maaskant. De metingen op deze percelen zijn verricht op plekken waarvan in 1958 en 1959 door Dr.Ir. J. van Hoorn de verticale verzadigde doorlatendheid werd bepaald. Bovendien zijn metingen gedaan op niet-gedraineerde percelen in de Lopikerwaard en op enkele percelen in het Komgrondenreservaat Tielerwaard, een gebied met in de winterperiode een hoog opgezet slootwaterpeil.

Ook in Friesland zijn in het voorjaar van 1978 doorlatendheidsmetingen gedaan bij zowel gedraineerde als bij niet-gedraineerde knipkleipercelen. De resultaten hiervan worden eveneens in dit rapport weergegeven.

Het onderzoek in het veld werd verricht door L.W. Dekker, W.H. Leenders en Ing. G. van der Veen; bij het meten van de doorlatendheid van de ondergrond is medewerking verleend door G. Kamping.

De coördinatie van het onderzoek berustte bij L.W. Dekker en de algehele leiding bij Dr.Ir. J. Bouma, die bovendien samen de gegevens verwerkten en de rapportering verzorgden.

DE DIRECTEUR,

Ir. R.P.H.P. van der Schans.

### SAMENVATTING

In het voorjaar van 1978 is in het komkleigebied in de Tielerwaard, het Land van Maas en Waal, de Maaskant en de Lopikerwaard en in het knipkleigebied van Friesland in de omgeving van Bolsward de verticale verzadigde doorlatendheid (verticale K-verz.) gemeten van komklei- en knipkleilagen. De metingen werden verricht aan grote bodemkolommen met een hoogte van 25 à 35 cm en een diameter van 30 cm. In het veld werd om de uitgesneden kolommen een gipsmantel en erop een infiltrometer aangebracht. De verticale verzadigde doorlatendheid werd gemeten in kolommen die losgemaakt waren van de ondergrond. Voor de diepere lagen is de boorgatenmethode toegepast. Door meting van slootwaterstanden en grondwaterstanden, zowel tussen als bij de drains werd een indruk verkregen van de drooglegging en het functioneren van het drainagesysteem.

Uit een vergelijking van de in maart en april 1978 gemeten verticale K-verz. waarden en de twintig jaar geleden door Van Hoorn (1960) gemeten waarden blijkt een duidelijke toename van de doorlatendheid van de komklei. Deze toename kan worden toegeschreven aan diepere scheuring volgend op een verbeterde diepe ontwatering en het aanvankelijk functioneren van de drainage. De drainage blijkt momenteel namelijk veelal niet of slecht te functioneren. Dit heeft tot gevolg dat ondanks de hoge verticale doorlatendheid er toch plasvorming optreedt in herfst tot vroeg voorjaar.

Ook in Friesland blijkt drainage gunstige gevolgen te hebben op de verticale doorlatendheid van zware knipkleilagen. Daar wordt de toename van K-verz. echter, in tegenstelling tot het komkleigebied, primair veroorzaakt door diepe verticale wormgangen.

## 1 INLEIDING

De doorlatendheid en de draineerbaarheid van komkleigronden staan de laatste jaren sterk in de belangstelling gezien de wateroverlast, die plaatselijk en tijdelijk in herfst tot vroeg voorjaar voorkomt (foto 1). Door de Landinrichtingsdienst en door de afdeling Cultuurtechniek van de Landbouwhogeschool zijn in het voorjaar van 1977 veldwaarnemingen verricht die er op wijzen dat natheid in veel gevallen te wijten is aan een slecht functionerend drainagesysteem 1). Onafhankelijk hiervan is door de afdeling Bodemfysica van de Stichting voor Bodemkartering in het voorjaar van 1977 een onderzoek ingesteld naar de verticale verzadigde doorlatendheid (verticale K-verz.) van komkleigronden (Dekker en Bouma, 1978). De conclusies uit dit onderzoek geven ook aan dat in veel gevallen de hoge waterstand niet te wijten is aan een kleine K-verz. van de zware kleilaag boven de drains, maar aan een ontoereikend vermogen van de ondergrond om het water lateraal af te voeren ten gevolge van een verstopt, slecht onderhouden drainagesysteem. Nieuwe metingen van K-verz. met behulp van de kolommenmethode op plekken waar door Van Hoorn en Van der Eijk in de winterperiode 1977-78 de afvoer van de drains is gemeten, wijzen in dezelfde richting. In enkele profielen was de verticale K-verz., die gemeten werd met een nieuwe techniek aan ongestoorde in gips gegoten grote grondkolommen, echter wel kleiner dan 5 cm/dag, die door Van Hoorn (1960) is aangenomen bij zijn berekeningen van drainafstanden in de vijftiger jaren. In dit geval kan de verticale doorlatendheid dus wel belemmerend werken.

Naast het draineerbaar zijn als zodanig is het belangrijk te weten in hoeverre diepe ontwatering op wat langere termijn mogelijk zou kunnen resulteren in een (blijvende) toename van K-verz. in lagen boven het drainniveau. Deze eventuele toename zou dan een gevolg kunnen zijn van diepe scheuring ten gevolge van uitdroging in de zomer of van biologische activiteit in de ondergrond. Een globale vergelijking van door ons gemeten waarden van de verticale K-verz., in 1977 met waarden gemeten door Van Hoorn in de jaren vijftig, suggereert dat er een sterke toename is opgetreden. Om deze belangrijke indicatie nader te toetsen is in het kader van dit onderzoek op de plekken, die door Van Hoorn 20 jaar geleden zijn gemeten, in maart en april 1978 opnieuw de verticale K-verz. gemeten. Naast de waarde van K-verz. is ook het niveau van het polderpeil van belang.

Het al of niet handhaven van diepe slootwaterstanden in het komkleigebied in de zomer vormt nog steeds een actuele vraag. Een eventuele toename van de verticale K-verz. ten gevolge van een diepe ontwatering zou een belang-

1) Heuvelmans, J.J.A.M. en J.Schrammeyer, 1977: Enquête-resultaten drainage op komklei. Afdeling Onderzoek Cultuurtechnische Dienst Gelderland; Praktijkverslag van P.J. van der Eijk, 1977. Landbouwhogeschool, Wageningen.





Foto Stiboka nr.: 22612

Foto 1 Wateroverlast in november 1977 in de Tielerwaard-West op een graslandperceel met een slecht functionerend drainagesysteem.

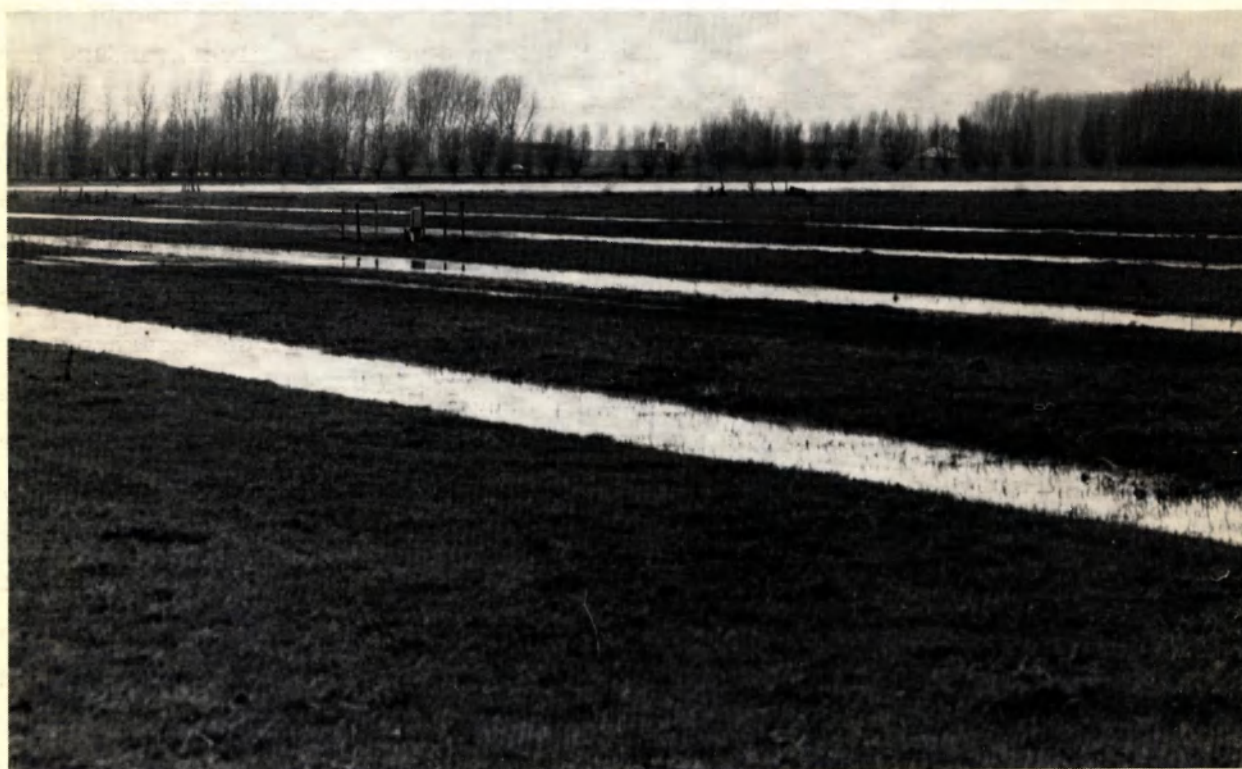


Foto Stiboka nr.: 22611

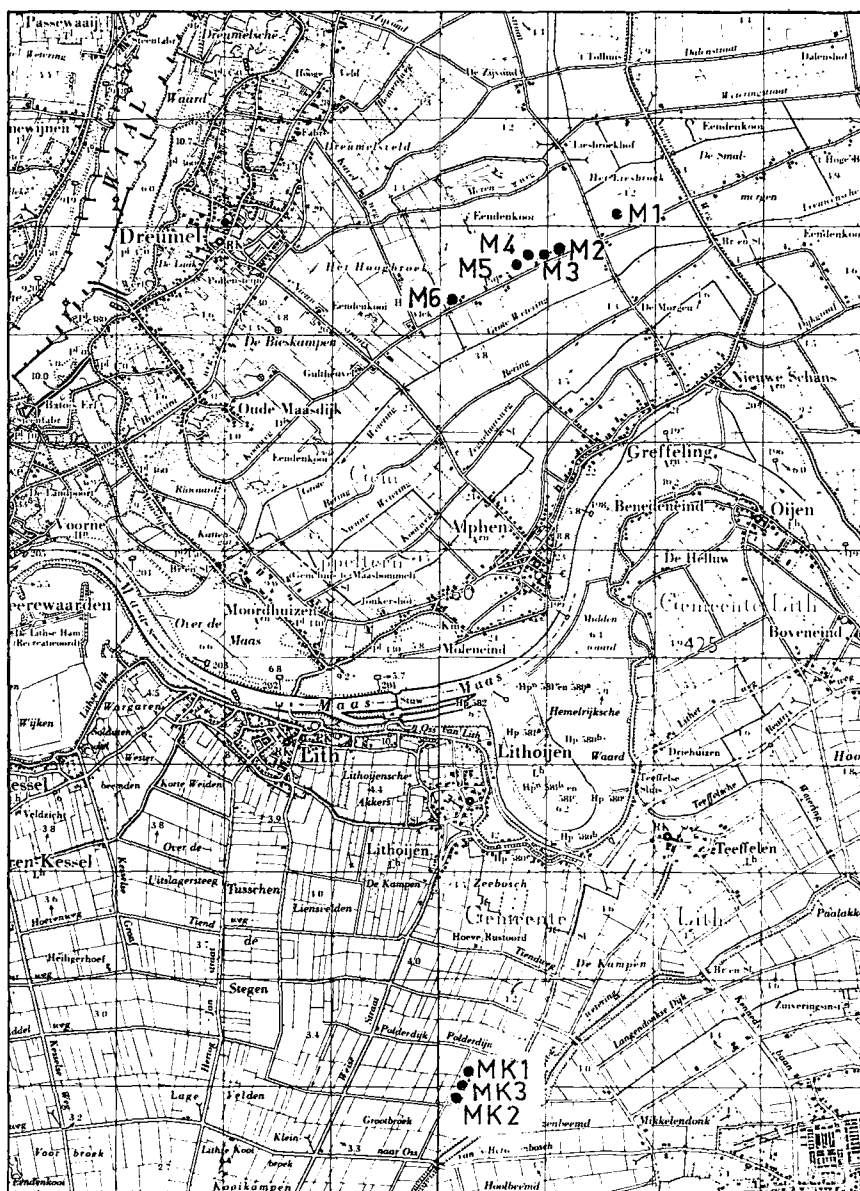
Foto 2 Niet-gedraineerde graslandpercelen in het Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard. In de winterperiode wordt het slootwater hoog opgezet en staan de greppels vol water.



rijk ondersteunend argument kunnen zijn voor het handhaven van diepe slootwaterstanden.

Om het eventuele effect van het niet verlagen van het slootpeil te onderzoeken, is in april 1978 op drie plekken in het "Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard" de verticale K-verz. gemeten. Het betreft hier niet-gedraineerde graslandpercelen, waarbij in de winterperiode het slootwater zeer hoog wordt opgezet (foto 2). Bovendien is de verticale K-verz. van zware komkleilagen gemeten op vijf niet-gedraineerde graslandpercelen in de Lopikerwaard, waar ook het slootwaterpeil niet is verlaagd.

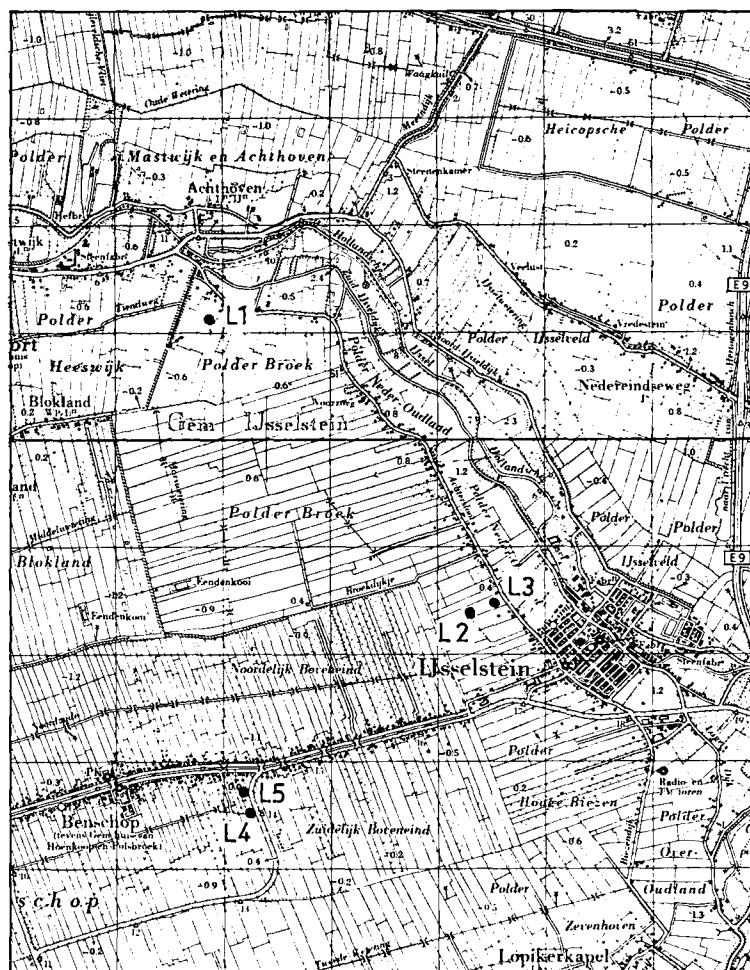
In het voorjaar van 1978 is door de afdeling Bodemfysica van de Stichting voor Bodemkartering ook een onderzoek uitgevoerd naar de verticale verzadigde doorlatendheid van zware knipkleigronden in Friesland in de omgeving van Bolsward. Vanouds zijn deze gronden oppervlakkig ontwaterd door begreppeling en door een bolle ligging van de akkers. De desondanks hoge grondwaterstanden in het voorjaar en het voorkomen van greppels leveren duidelijke technische belemmeringen op voor de moderne gemechaniseerde weidebouw, in termen van een late produktie en slechte begaanbaarheid en toegankelijkheid. Een oplossing van deze problemen zou kunnen bestaan uit het draineren en egaliseren van de percelen, wat tot nu toe slechts incidenteel is toegepast. De algemene verwachting was echter dat drainage voor het verlagen van de grondwaterstand weinig zinvol zou zijn in verband met een aangenomen kleine verticale verzadigde doorlatendheid van de knipklei, waardoor in een natte periode zoals het vroege voorjaar, onvoldoende beweging van het water naar de ondergrond met de drains zou plaatsvinden. Lage doorlatendheden van de knipklei zijn genoemd door Edelman (1950) als oorzaak voor hoge grondwaterstanden, terwijl ook metingen van de K-verz. volgens de boorgatenmethode veelal resulteerden in zeer lage waarden. Met behulp van de kolommenmethode werd in het voorjaar van 1978 de verticale K-verz. van de knipkleiprofielen gemeten. Deze metingen werden verricht in begrepeld grasland zonder drains en in gedraineerd en geëgaliseerd grasland. In het laatste geval om na te gaan of de verticale K-verz. van de knipklei na verloop van tijd was toegenomen onder gedraineerd grasland als gevolg van toegenomen biologische activiteit of door een betere uitdroging, die kan leiden tot doorscheuring. Aangezien de problematiek van de knipkleigronden nauw aansluit bij die van de komkleigronden, leek het ons zinvol de resultaten ervan in dit rapport op te nemen, daar beide betrekking hebben op de invloed van drainage en ontwatering op de verticale verzadigde doorlatendheid.



Afb. 1a Situatiekaart met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de komklei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten in het Land van Maas en Waal en de Maaskant.



Afb. 1b Situatiekaart met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de komlei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten in de Tielerwaard-West.



Afb. 1c Situatiekaart met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de komklei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten in de Lopikerwaard

## 2 BODEMGESTELDHEID EN SITUERING VAN DE MEETPUNTEN

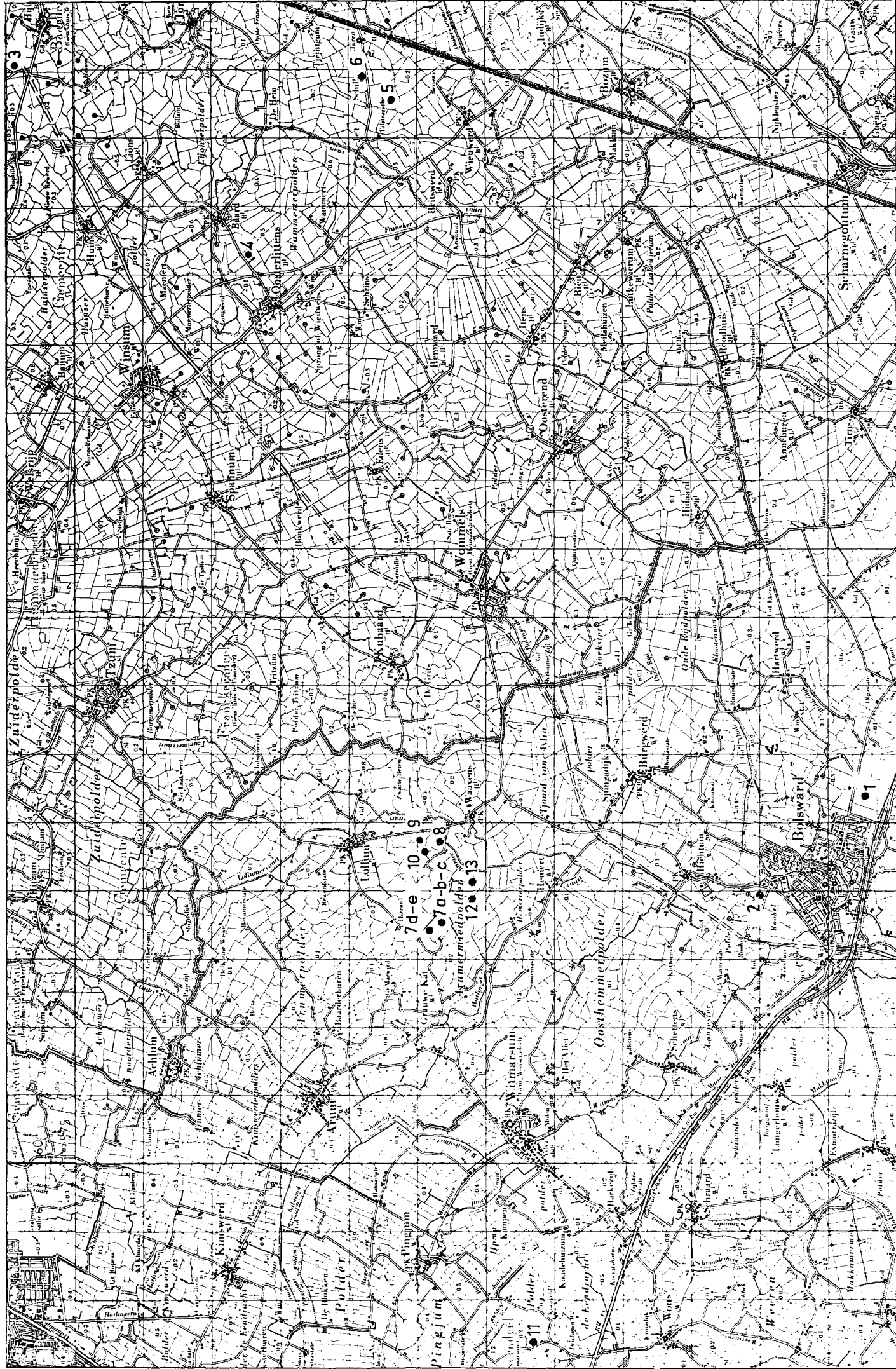
### 2.1 Het komkleigebied

De plaatsen waar in het kader van dit onderzoek met behulp van de kolommenmethode de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten, staan aangegeven op afb. 1a, b en c. Door Van Hoorn (1960) zijn in 1958 en 1959 met behulp van een grote rechthoekige infiltrometer doorlatendheidsmetingen gedaan in de Tielerwaard bij Dalem en bij Asperen (onze plekken D1 en D2, resp. Asp1 en Asp2), in het Land van Maas en Waal (M1 t/m M5) en in de Maaskant (MK1). Dit voorjaar zijn door ons bovendien in de Maaskant op een niet-gedraineerd graslandperceel op twee plekken metingen verricht (MK2 en MK3) en in het Land van Maas en Waal op een goed ontwaterd graslandperceel, ten gevolge van een nabijgelegen wetering met een diep slootwaterpeil (M6). De gemeten plekken in het Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard zijn in afb. 1b aangegeven met N1 t/m N3, die in de Lopikerwaard op afb. 1c met L1 t/m L5 en de plekken waar door Van Hoorn en Van der Eijk in het begin van 1978 de afvoer van de drains is gemeten met E1 t/m E5 op afb. 1b.

De komkleigronden bestaan over het algemeen uit een kalkloze, zware (ca. 50 % lutum), 15 à 20 cm dikke, matig humeuze tot zeer humeuze bovengrond. Deze gaat over in grijze, roestige, kalkloze zeer zware klei (50-60 % lutum). Gewoonlijk komt op 50 à 80 cm diepte een 5 à 10 cm dikke, donkergrijze tot zwarte begroeiingshorizont voor, die vanwege een lakachtige glans op de breukvlakken ook wel als "laklaag" bekend staat. Deze laag heeft een iets hoger humusgehalte dan de erboven of eronder liggende laag en bevat geen of vrijwel geen roest. Deze laklaag is vaak als een bijzonder slecht doorlatende laag beschouwd.

Op de meeste plekken bestaat het profiel tot meer dan 120 cm diepte uit zware klei. Vaak komen in de diepere ondergrond van 120 tot 200 cm humeuze of venige kleilagen en veenlagen en soms matig grove zandlagen voor. Deze dikke komkleigronden worden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 aangeduid als kalkloze poldervaaggronden en gecodeerd met Rn44C (zie b.v. Bodemkaart van Nederland, 1973). Bij Dalem en bij Asperen ligt de zware komklei op 60 à 70 cm diepte op een minstens 40 cm dikke, vaak afwisselend uit kleilig veen en venige klei bestaande laag. Deze kom-op-veen-gronden worden op de Bodemkaart van Nederland aangeduid als kalkloze drechtvaaggronden en gecodeerd met Rv01C. Hoewel variatie in bodemopbouw bestaat, hebben alle proefplekken gemeen, dat onder een 15 à 20 cm dikke humeuze bovengrond steeds een zware komkleilaag van minstens 40 cm dikte met een lutumgehalte van meer dan 50 % aanwezig is. Voor een beschrijving van de gronden in het Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard wordt verwezen naar het bodemkundige rapport van Bannink en Pape (1967).





Afb. 2 Situatiekaart met plaatsen en nummers van de proefplekken waarbij van de knipklei de verticale verzadigde doorlatendheid is gemeten.

## 2.2 Het knipkleigebied

De plekken in Friesland met knipkleiprofielen, waarvan in maart en april 1978 met behulp van de kolommenmethode de verticale K-verz. is gemeten, staan aangegeven op afb. 2. De proefplekken 1 t/m 4, 10 en 13 zijn aangelegd op niet-gedraineerde graslandpercelen; de proefplekken 9, 11 en 12 op percelen met een 20 à 30 jaar oude, ondiepe drainage en de proefplekken 5, 6 en 8 op percelen met een vrij recente, ongeveer twee jaar oude drainage 1). Bovendien zijn metingen verricht op het drainageproefveld van de Landinrichtingsdienst, gelegen ten noordoosten van Witmarsum en ten zuidwesten van Lollum. Drie plekken (7a t/m 7c afb. 2) lagen op gedraineerde, nog wel begreppelde, graslandpercelen en twee proefplekken op het niet-gedraineerde 0-object (7d en 7e, afb. 2).

De onderzochte knipkleigronden hebben over het algemeen een kalkloze, zeer humeuze lichte tot matig zware (25 à 40 % lutum) kleibovengrond met een dikte van 10 à 20 cm. In deze bovengrond, die in de literatuur vaak met "brúnlaag" wordt aangeduid, troffen we op de meeste proefplekken middeleeuwse potscherven aan, die er vermoedelijk eertijds met een aardmest in terecht zijn gekomen. In deze bovengrond bruist het van de biologische activiteit, ten gevolge van een uitgebreide wormenpopulatie. Onder de brúnlaag komt meestal tot 40 à 45 cm diepte een sterk oranje roestige, matig zware kleilaag voor (35 à 45 % lutum). Deze laag wordt door sommige bodemkundigen en cultuurtechnici vaak ten onrechte als "oranje knipklei" beschouwd. Daaronder komt over het algemeen tot een diepte van 80 à 100 cm een zwak tot matig roestige, grijze tot blauwgroene, kalkloze, matig zware (45 à 50 % lutum) kleilaag voor met knipeigenschappen. Deze kleilaag moet als de "echte" knip worden beschouwd (Schelling, 1970). In deze kleilaag komen vaak donkergekleurde, humeuze, oude vegetatiehorizonten voor. De diepere ondergrond bestaat uit kalkrijke zware zavel tot matig zware klei. De ondergrond is steeds op een diepte van 130 à 150 cm volledig gereduceerd. Deze knipkleigronden worden op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 aangeduid als "Knippige poldervaaggronden" en "Knippoldervaaggronden" (Bodemkaart van Nederland, 1974; en 1976). Voor de verbreiding van de knipkleigronden en een uitvoerige beschrijving van de bodemgesteldheid wordt naar deze laatstgenoemde publikaties verwezen.

1) De proefplekken in Friesland zijn uitgezocht door de regionaal-bodemkundigen P.C. Kuijer en G. Kamping.





Foto Stiboka nr.: 22608

Foto 3 Uitgesneden verticale kolom zware komklei met een diameter van dertig cm en daarop aangebracht de ring van de infiltrometer.



Foto Stiboka nr.: 22609

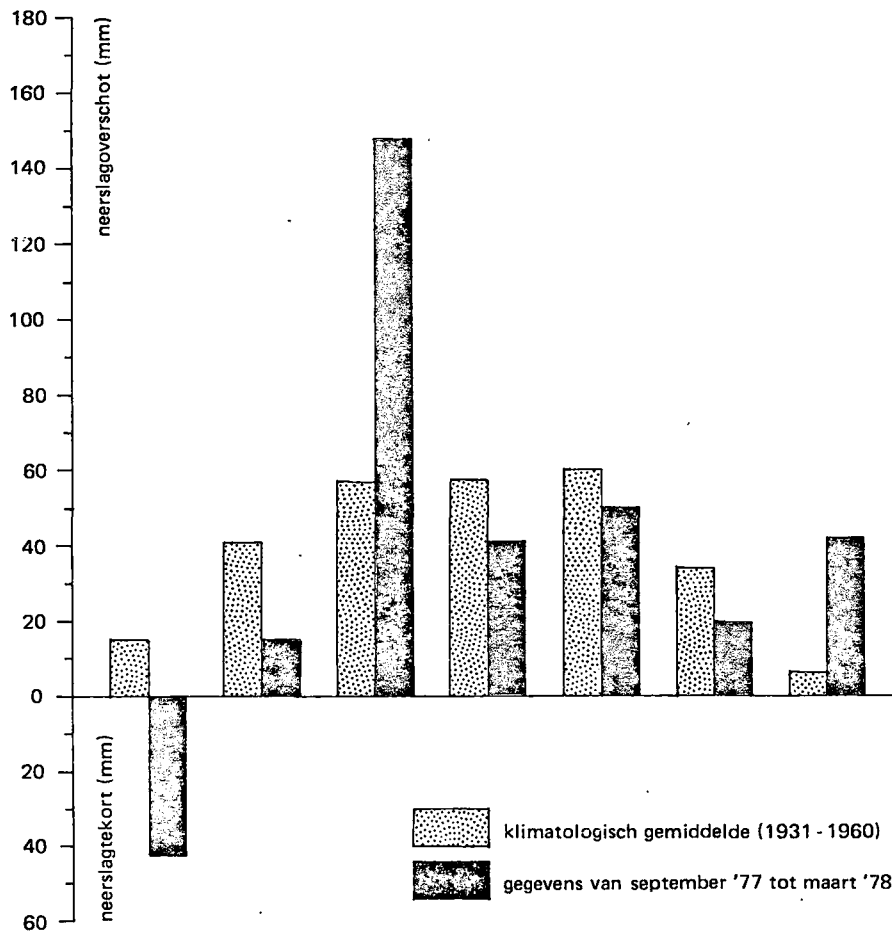
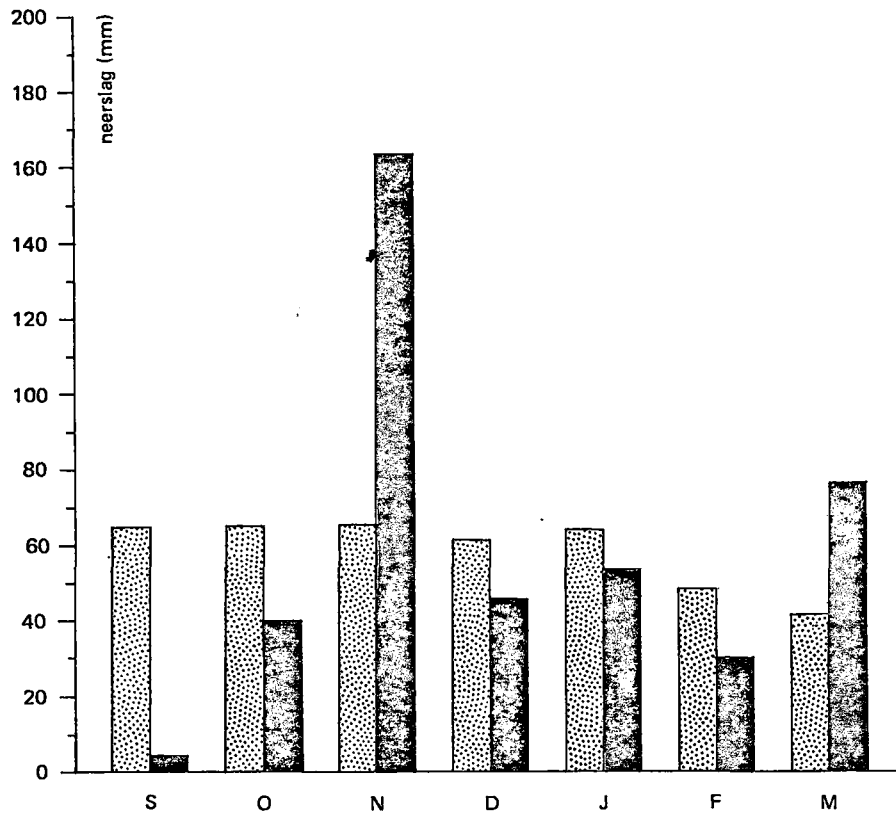
Foto 4 Meting van de verticale K-verz. in een van de ondergrond losgemaakte kolom komklei

### 3 GEVOLGDE METHODEN

#### 3.1 Metten van de verticale verzadigde doorlatendheid met de kolommenmethode

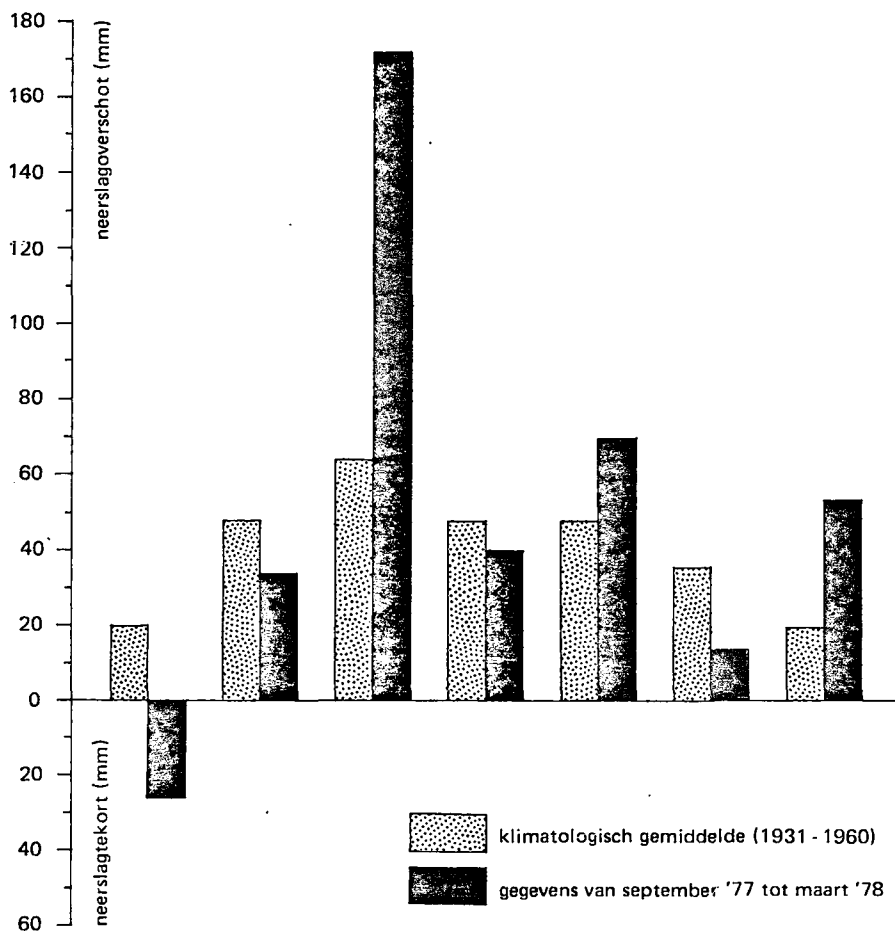
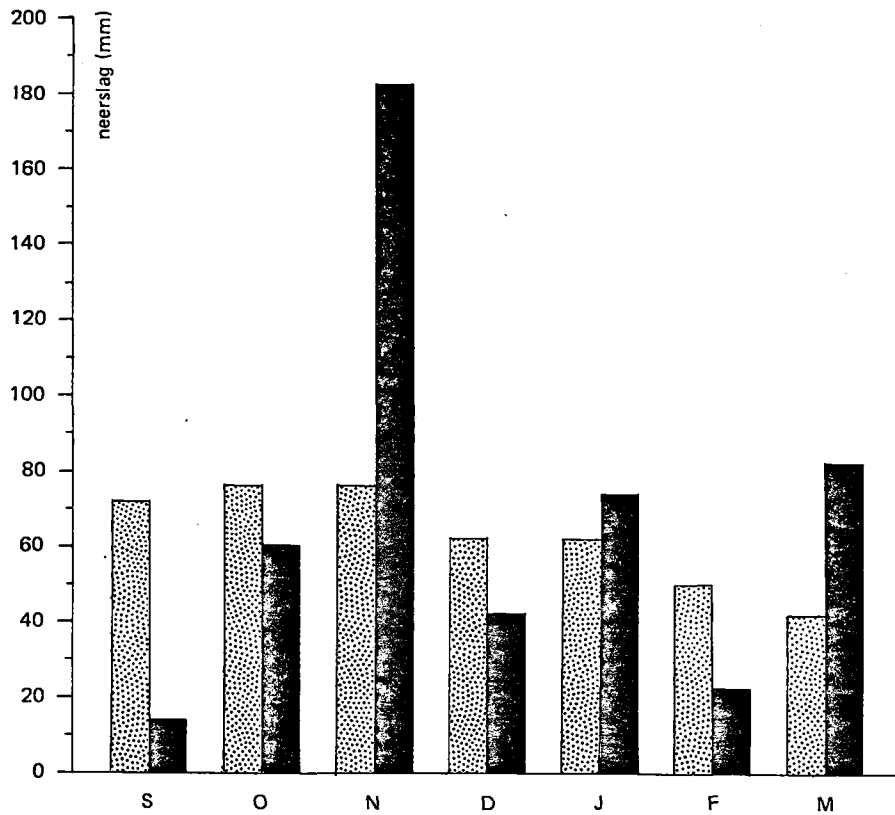
Baker and Bouma (1976) introduceerden een nieuwe methode voor het bepalen van de verticale verzadigde doorlatendheid van grond boven de grondwaterspiegel. Deze "kolommenmethode" werd ook toegepast bij een onderzoek naar de doorlatendheid van pijkleigronden in de omgeving van Schagen en bij een onderzoek naar de doorlatendheid van komkleigronden (Bouma, Dekker en Verlinden, 1976; Dekker en Bouma, 1976; Dekker en Bouma, 1978). Er zijn andere methoden beschikbaar voor het meten van K-verz., zowel in het laboratorium als in het veld, maar hieraan kleven wat bezwaren. Zo wordt bij de boorgatenmethode en bij de dubbele buizenmethode (Bouwer, 1962) een K-verz. gemeten, die zowel door een horizontale als door een verticale component wordt bepaald. Deze waarden kunnen misleidend zijn als specifiek de verticale doorlatendheid gezocht wordt, zoals in deze situatie. Bij de boorgatenmethode is de kans op versmering van de wanden van het boorgat vrij groot, wat kan leiden tot te lage waarden. De algemene verwachting dat de doorlatendheid van de komklei en knipklei laag zou zijn, is voor een deel te verklaren uit het gebruik van de boorgatenmethode. Maar ook onvolledige monstergrootte kan tot minder representatieve waarden leiden, bijvoorbeeld bij de methode die gebruik maakt van 100 cm<sup>3</sup> ringmonsters (Anderson and Bouma, 1973).

Bij de kolommenmethode wordt een verticale grondkolom met een diameter van 30 cm en een hoogte van 25 à 35 cm voorzichtig ter plaatse uitgesneden in een kuil. Een tien cm hoge infiltrometer wordt bovenop de kolom geplaatst, nadat de natuurlijke bodemstructuur aan de bovenzijde van de kolom is uitgerepareerd (foto 3). De zijanten van de kolom worden afgesloten met gips, dat als een vloeibare pasta in een mal wordt gegoten met een dikte van vijf cm rondom de kolom. Voordat dit gebeurt, wordt de verticale wand van de kolom ingewreven met een klei-pasta om laterale beweging van gips in de kolom te voorkomen. Nadat het gips hard is geworden, wordt de kolom losgemaakt van de ondergrond, uit de kuil gehaald en waterpas op een paar plankjes op het maaiveld opgesteld (foto 4). Water wordt vervolgens toegelaten in de infiltrometer en de infiltratiesnelheid wordt gemeten met een buret en een mariotte apparaat, waardoor een lage hydrostatische druk kan worden gehandhaafd boven de grondkolom (Bouma, 1977). De test wordt voortgezet tot een constante infiltratiesnelheid is bereikt gedurende verschillende uren. Deze meting is fysisch goed gedefinieerd omdat atmosferische druk aanwezig is aan de losgemaakte onderkant van de kolom waar het water uitstroomt. Dit maakt de "vertaling" van de gemeten stroomsnelheid in een



Afb. 3 Hoeveelheid neerslag, neerslagoverschot en neerslagtekort uit de periode van onderzoek vergeleken met de gegevens over een periode van 30 jaar. Voor de neerslag zijn gegevens gebruikt van het weerstation Tiel en voor de verdamping (waarbij  $0,8 E_0$  is genomen) van het station Andel.





Afb. 4 Hoeveelheid neerslag, neerslagoverschot en neerslagtekort uit de periode van onderzoek vergeleken met de gegevens over een periode van 30 jaar. Voor de neerslag zijn gegevens gebruikt van het weerstation Sneek en voor de verdamping (waarbij  $0,8 E_0$  is genomen) van het station Leeuwarden.

K-verz. gemakkelijk.

Bodemstructuur en poriëndistributies variëren per seizoen als gevolg van zwel- en krimpprocessen bij bevochtiging en uitdroging. In de winterperiode, normaliter de natte periode van het jaar met een neerslagoverschot (afb. 3 en afb. 4) en hoge grondwaterstanden, heeft zwel van de klei gedurende vele weken of maanden kunnen plaatsvinden. De metingen zijn verricht in het vroege voorjaar, in een periode dat de K-waarden nog laag zijn.

Een belangrijk aspect van deze studie betreft de vergelijking van resultaten verkregen door Van Hoorn in 1958, met die verkregen op dezelfde proefplekken in 1978. Er is gebruik gemaakt van verschillende methoden, en genoemde vergelijking is alleen dan zinvol als eventuele verschillen inderdaad kunnen worden toegeschreven aan veranderingen in K-verz. en zij niet voortvloeien uit de technieken zelf. Overigens gebruiken beide technieken grote monsters, zodat de monstergrootte geen rol speelt. Van Hoorn (1960) gebruikte rechthoekige infiltrometers (200 x 25 cm), die oppervlakkig werden aangebracht op een horizontale doorsnede op ongeveer 40 cm diepte in de komklei. De infiltratiesnelheid van het wateroppervlak binnen de infiltrometer werd gemeten. Het water kan niet alleen naar beneden maar in principe ook enigszins zijwaarts in de grond doordringen; het laatste vooral in initieel wat drogere grond. In ieder geval is het infiltratiepatroon niet strikt twee-dimensionaal. Dit betekent dat de hier gemeten infiltratiewaarde bij verzadiging altijd in principe wat groter is dan de strikt verticale infiltratiewaarde (die gelijk is aan K-verz. bij een gradiënt van 1 cm/cm). Bij de kolommenmethode is de stroming wel strikt verticaal. Wanneer nu bij vergelijking de door Van Hoorn gemeten waarden groter zouden blijken dan de kolommenwaarden, zou dit mogelijk een gevolg van de gebruikte technieken kunnen zijn. In het omgekeerde geval is dit juist niet zo en kan een eventueel verschil inderdaad worden geïnterpreteerd als een verschil in K-verz.

### 3.2 Metten van de verzadigde doorlatendheid van de ondergrond volgens de boorgatenmethode

De doorlatendheid van de ondergrond is op de proefplekken gemeten volgens de boorgatenmethode (Van Beers, 1963; Ernst, 1954). In de boorgaten is meestal van meerdere bodemlagen de doorlatendheid vastgesteld; door eerst een ondiep gat te boren en daarna het gat dieper uit te boren. Bij het meten van de doorlatendheid is de directe methode gebruikt. De doorlaatfactoren zijn berekend met de door Ernst (1954) afgeleide grafieken. Voor de bepaling van de doorlatendheid van de 2e en 3e gemeten lagen in hetzelfde boorgat is gebruik gemaakt van de z.g. K.G-formule. Gebruikt is de verbeterde berekeningswijze volgens Boumans (1963).

### 3.3 Metten van sloot- en grondwaterstanden

Op de proefplekken in de Tielerwaard, in het Land van Maas en Waal, en in Friesland zijn in december 1977 grondwaterstandsbuizen met een lengte van twee meter geplaatst. Op de gedraineerde percelen zijn tevens vlakbij de drains grondwaterstandsbuizen gezet. De grond- en slootwaterstanden zijn gemiddeld eens per veertien dagen gemeten; in het komkleigebied van december tot medio mei en in Friesland van januari tot half april. Uit een vergelijking van de grondwaterstanden bij en tussen de drains met de slootwaterstanden wordt een indicatie verkregen over het al of niet functioneren van de drainage. De grondwaterstand is bovendien een noodzakelijk gegeven bij het bepalen van de doorlatendheid van de ondergrond met behulp van de boorgatenmethode.

In deze studie werd op advies van Van Hoorn bewust geen gebruik gemaakt van ondiepe grondwaterstandsbuizen, geplaatst in de hogere komkleilagen, dan wel in de knipkleilaag. Versmering van het boorgat in deze lagen met een relatief lage K-verz. leidt gemakkelijk tot niet realistische waterstandsgegevens, omdat het water wel via scheuren het boorgat kan binnenvloeien maar het niet via de versmeerde bodem kan verlaten.

Tabel 1 Verticale K-verz. waarden van zware komkleilagen, gemeten opgedraineerde en op niet-gedraineerde percelen. Bovendien worden ter vergelijking de K-waarden gegeven van de plekken, die door Van Hoorn (1960) in 1958 en 1959 met behulp van een infiltrometer zijn gevonden

Proefplek 1)	Verticale K-verz. waarde in cm/dag		Opmerkingen	
	1958-1959	1978		
		15 à 30 tot 40 à 60 cm		35 à 60 tot 65 à 90 cm
MK1	3,9-5,3	3	1,2	gedraineerd
M2	3,6	47	50	idem
M4	2,4	85	13,5	idem
M5	8,1	89	79	idem
M3	3,4	90	130	idem
Asp 2 }	3,1-8,1	130	35	idem
Asp 1 }		148	49	idem
D2 }	2,7		40	idem
D1 }			66	idem
M1	6,3	205	105	idem
M6		125	47	idem
E2b		26		idem
E2a		113	3,5	idem
E1			10	idem
E5			10	idem
E3			12	idem
E4			59	idem
MK2		2	17	niet-gedraineerd
MK3		8	16	idem
L3			4,0	idem
L1			4,8	idem
L2			4,9	idem
L4			5,0	idem
L5			89	idem
N3		27	130	niet-gedraineerd en met
N1		41	26	hoog opgezet slootwater
N2		95	48	idem

1) In afb. 1 zijn de plaatsen waar de metingen zijn verricht aangegeven.

#### 4 RESULTATEN EN DISCUSSIE BIJ DE KOMKLEIGRONDEN

##### 4.1 De verticale K-verz. waarden van de zware komkleilagen

In tabel 1 staan de verticale K-verz. waarden vermeld van alle in maart en april 1978 in het komkleigebied gemeten zware komkleilagen. Op een groot aantal proefplekken is de verticale K-verz. met behulp van de kolommenmethode bepaald van twee lagen. Van een laag van 25 à 35 cm dikte beginnend iets onder of direct onder de teelaarde en van een 25 à 35 cm dikke laag daaronder aansluitend. Op plekken met laklagen in het profiel, zijn deze laklagen steeds in de kolommen opgenomen. Het minst doorlatende laagje in de grondkolom is van doorslaggevende betekenis op de waarde van de gemeten K-verz., daar de snelheid waarmee het water door de kolom kan stromen bepaald wordt door het gedeelte van de kolom met de laagste capaciteit. De metingen zijn gedaan in maart en april 1978, zodat ten gevolge van een maandenlang neerslagoverschot (zie afb. 3) de komklei lange tijd heeft kunnen zwellen. Bij uitdroging in de zomer neemt de doorlatendheid namelijk sterk toe ten gevolge van scheurvorming in de komkleilaag (Dekker en Bouma, 1978).

*Uit toetsing met Wilcoxon's two sample test (Van Eeden and Rümke, 1958) blijkt dat de K-verz. in 1978 op de proefplekken MK1 t/m M1 significant (met een waarschijnlijkheid van 97½ %) hoger is dan twintig jaar terug.* Op de proefplekken kwam (met uitzondering van MK1) bij de bovenste gemeten laag een K-verz. voor van 47 tot 205 cm/dag en bij de diepere laag van 13,5 tot 130 cm/dag. Van Hoorn (1960) mat op de 8 plekken een K-verz. van 2 tot 8 cm/dag met een gemiddelde van 5 cm/dag. De toename van K-verz. is ons inziens het gevolg van een verbeterde ontwatering en een aanvankelijk goed functionerende drainage, die beide hebben geleid tot een diepere en sterkere scheurvorming in droge perioden. Alleen op proefplek MK1 zijn lage K-verz. waarden voor de laag van 25-50 cm en van 50-75 cm diepte gemeten, van resp. 3 en 1,2 cm/dag.

Bij de plekken waar door Van Hoorn en Van der Eijk in de winterperiode 1977-'78 de afvoer van de drains is gemeten, zijn voor de laag vlak boven het drainniveau K-verz. waarden gemeten van 3,5 tot 59 cm/dag (E1 t/m E5, tabel 1).

In de Lopikerwaard zijn op vier van de vijf gemeten komkleiplekken op niet-gedraineerde graslandpercelen K-verz. waarden gemeten tussen 4 en 5 cm/dag. Deze waarden komen overeen met de twintig jaar geleden door Van Hoorn in de Tielerwaard en het Land van Maas en Waal gemeten waarden, en vormen derhalve uitstekende referentiewaarden.

In het Natuurreservaat Komgronden Tielerwaard, waar het water in de winterperiode al twintig jaar lang hoog wordt opgezet, verwachtten we een



kleine K-verz. van de komkleilagen. Op drie plekken N1 t/m N3 zijn kolommen gemeten afkomstig van 20-45 cm en van 50 tot 80 cm beneden maaiveld. De zes kolommen hadden een grote K-verz. tussen 26 en 130 cm/dag (tabel 1). Het grondwater stond op de proefplekken 13 tot 18 cm onder het maaiveld tijdens de doorlatendheidsmetingen. De grote doorlatendheid was duidelijk merkbaar aan het snel toestromen van water in de kuilen. Ondanks het 's winters voorkomen van zeer hoge grondwaterstanden kan de doorlatendheid van de komklei kennelijk toch groot zijn. De vraag is nu echter of dit gebied ook 20 jaar terug al afweek van de andere komkleigronden. In de profielen werden graswortels homogeen door de grond tot meer dan 80 cm diepte waargenomen en deze kwamen niet zoals meestal bij komkleigronden voornamelijk langs de structuurvlakken van grote prisma's voor. Ook waren opvallende rietachtige wortelresten en wortelkanalen in de profielen, die duidelijk afwijken van wat in een "normaal" komprofiel wordt waargenomen. We concluderen derhalve dat de komgronden in het natuurreservaat hydrologisch gezien niet representatief geacht kunnen worden voor "ongedraineerde komgrond". De waarden gemeten in de Lopikerwaard zijn in dit verband meer relevant.

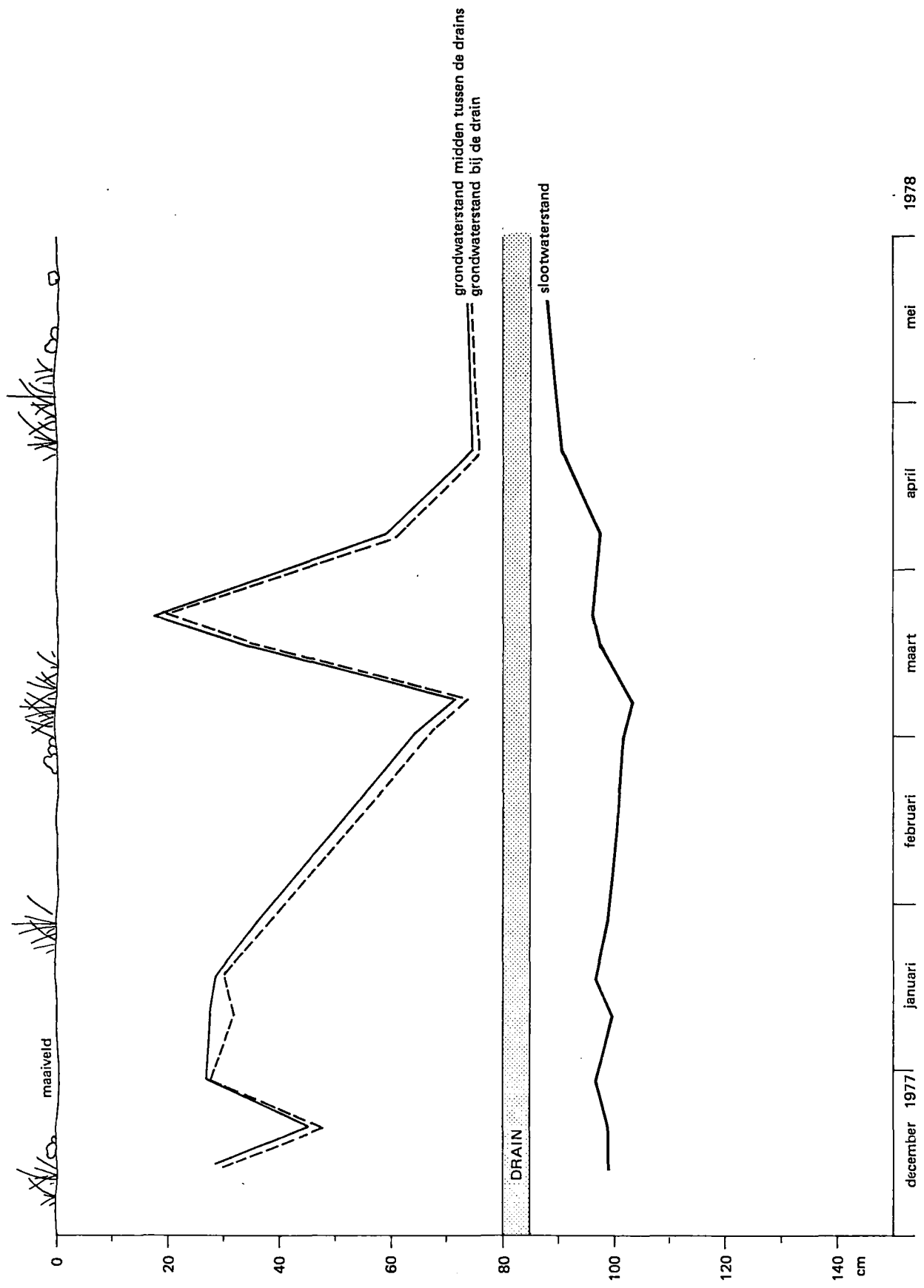
#### 4.2 Doorlatendheidsgegevens verkregen met behulp van de boorgatenmethode

Met behulp van de boorgatenmethode is de K-verz. bepaald van de over het algemeen goed doorlatende ondergrond (Van Hoorn, 1960). Op de proefplekken M1 t/m M5 in het Land van Maas en Waal en Asp1 en Asp2 in de Tielerwaard varieerde K-verz. van de ondergrond tussen 80 en 180 cm diepte van enkele decimeters tot enkele meters per dag. Bij de proefplekken D1 en D2 in de Tielerwaard had de laag van 120 tot 180 cm diepte een K-verz. van 4 à 5 cm/dag en in de Maaskant kwamen in de ondergrond van de proefplekken MK2 en MK3 lagen met een K-verz. van 5 à 10 cm per dag voor. Op de proefplekken E1 t/m E5, waar de afvoermetingen van drains plaatsvonden, varieerde de doorlatendheid van de ondergrond van enkele decimeters tot enkele meters per dag.

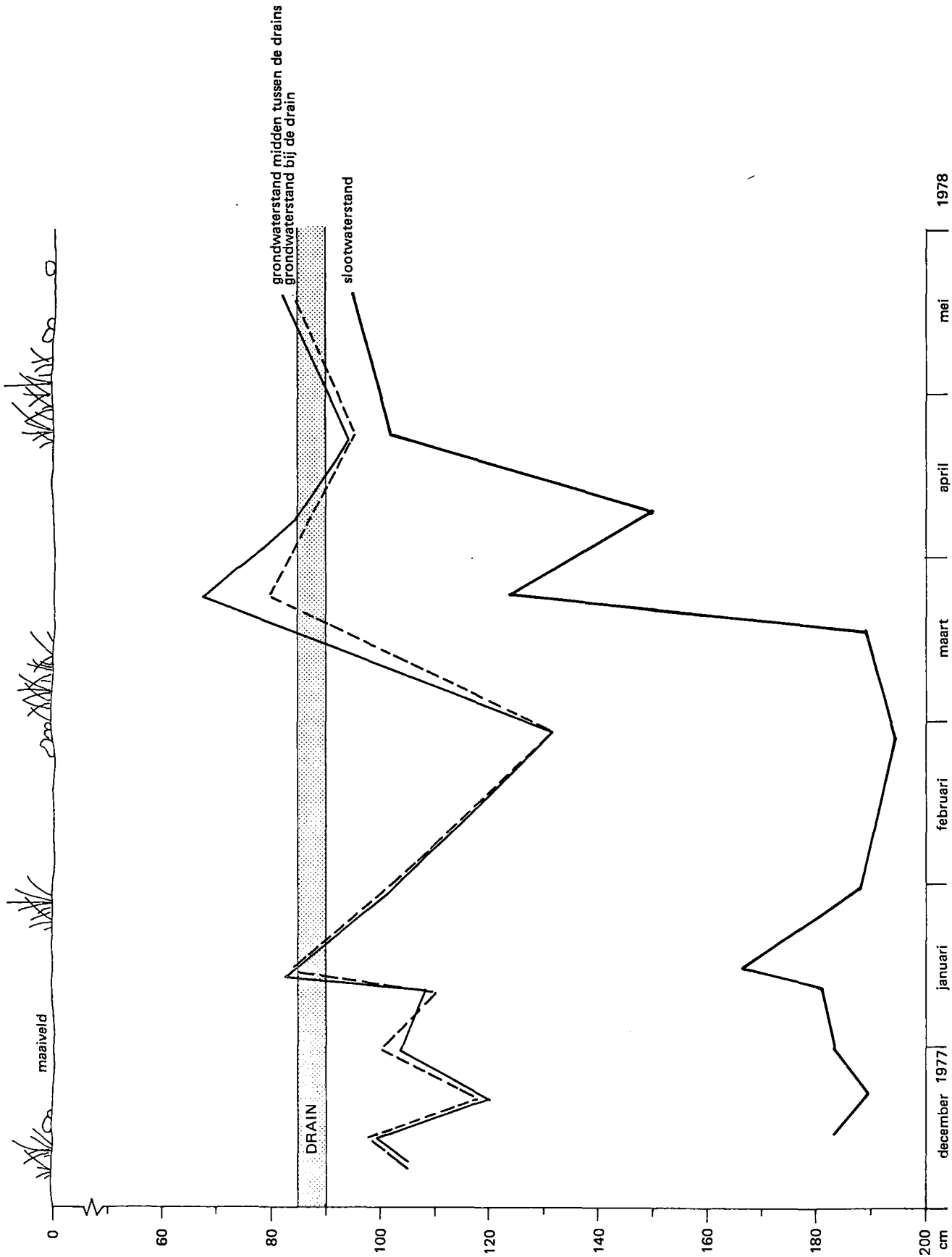
Op de proefplekken D1, M1, M4, M5 en Asp1 zijn met de boorgatenmethode voor de laag van 30 à 35 cm tot 75 à 100 cm diepte K-verz. waarden gemeten tussen 3 en 10 cm per dag. Deze waarden zijn duidelijk lager dan die bepaald op overeenkomstige diepte met de kolommenmethode (zie tabel 1). Het ontbreken van verticale gangen en scheuren in de boorgaten en het versmeren van de wanden van de boorgaten zullen hier debet aan zijn. Het meten van de verticale K-verz. in lagen boven drainniveau, kan dan ook alleen zinvol geschieden met de kolommenmethode. Over het algemeen zijn de metingen van K-verz. in de diepere ondergrond beneden drainniveau, in overeenstemming met de resultaten zoals vermeld door Van Hoorn (1960). De eerder vermelde toename van de verticale K-verz. had betrekking op de grond boven drainniveau.



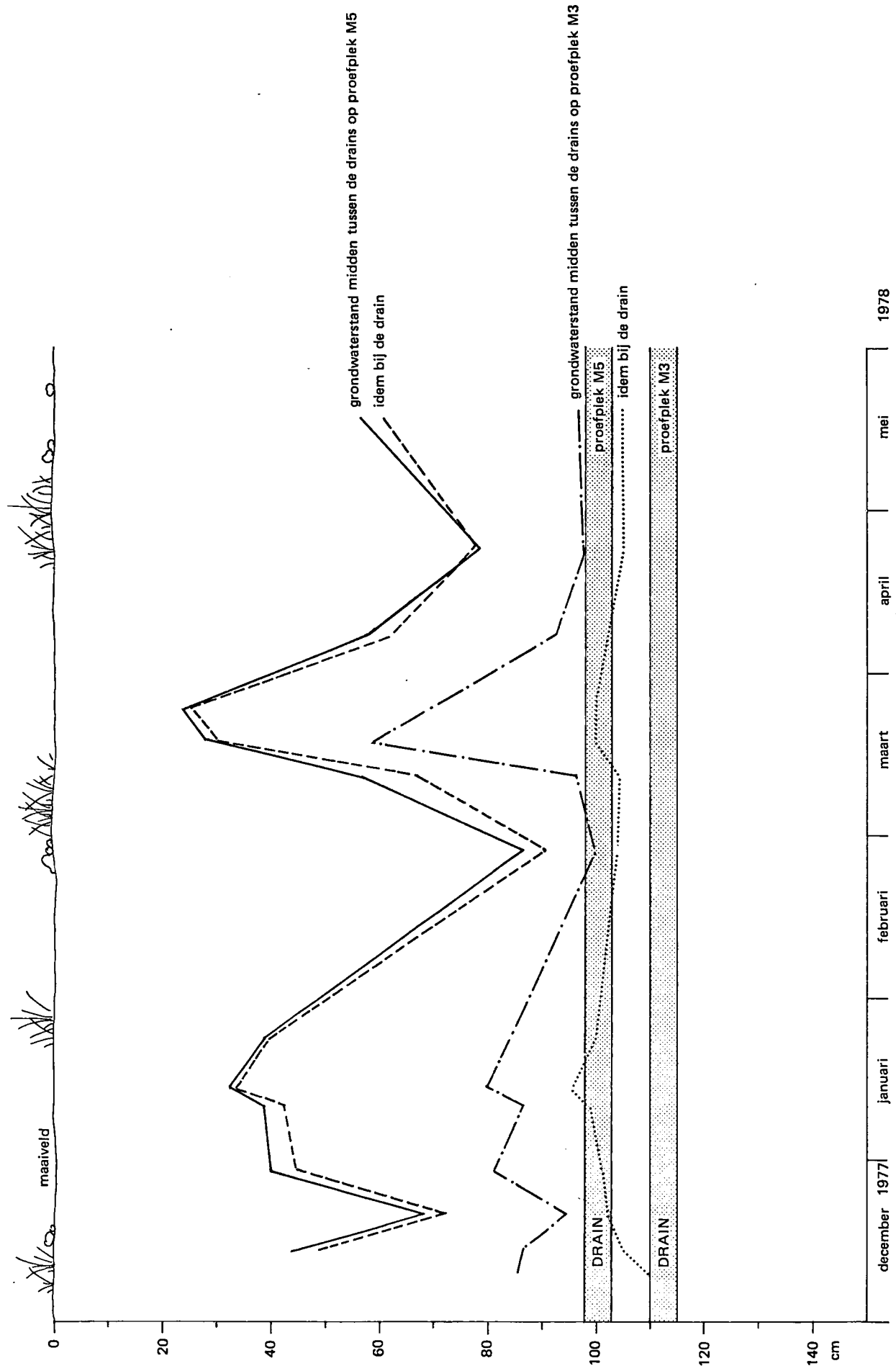
Afb. 5 Grondwaterstandsverloop van 20 december 1977 tot 17 mei 1978 op een proefplek bij Dalem.  
Hoewel de drains de laatste twintig jaar niet zijn doorgespoeld, werken ze nog.



Afb. 6 Grond- en slootwaterstandsverloop van 12 december 1977 tot 17 mei 1978 op proefplek Asp1 in de Tielerswaard.  
Uit het vrijwel samenvallen van de grondwaterstand bij en tussen de drains, blijkt het niet functioneren van de drainage.



Afb. 7 Grond- en slootwaterstandsverloop van medio december 1977 tot 17 mei 1978 op proefplek M6 in het Land van Maas en Waal. Een diepe ontwatering in de winterperiode resulteert in diepe grondwaterstanden. Op dit perceel komt nooit wateroverlast voor, hoewel de drains de laatste twintig jaar niet zijn doorgespoeld.



Afb. 8 Grondwaterstandsverloop van medio december 1977 tot 17 mei 1978 vlakbij en midden tussen de drains van een proefplek met een nieuwe en goed functionerende drainage in het Land van Maas en Waal. Ter vergelijking is van een proefplek op het perceel ernaast met een slecht functionerende drainage, die in twintig jaar nimmer is doorgespoeld, ook het grondwaterstandsverloop weergegeven.



#### 4.3 Grond- en slootwaterstanden en het functioneren van de drainage

In zowel het begin als op het eind van november 1977 zijn grote hoeveelheden neerslag gevallen (zie afb. 3). Bij een veldverkenning op het eind van november bleken grote delen van het komkleigebied blank te staan (foto 1). In de Tielerwaard-West kwam naar schatting op ruim 40 % van de percelen plasvorming voor en in het Land van Maas en Waal op ca. 25 %. Evenals in de Tielerwaard-West (zie ook Dekker en Bouma, 1978) zijn in het Land van Maas en Waal de drains de laatste twintig jaar over het algemeen niet doorgespoeld. De oorzaak van de plasvorming is voornamelijk te wijten aan een door verstopping niet optimaal functionerend drainagesysteem. In januari 1977 stonden voornamelijk in 1977 beregende of bevroede percelen blank, hetgeen is toegeschreven aan een lage berging ten opzichte van niet beregende percelen (Dekker en Bouma, 1978). In november 1977 kwam als gevolg van de grote hoeveelheid neerslag ook plasvorming voor op verscheidene percelen, die nog nooit waren beregend of bevroed, bijvoorbeeld het perceel van foto 1. Opvallend was in november, dat ongeacht de drainage-toestand, percelen met een hoog slootwaterpeil meer last van plasvorming hadden dan percelen met een laag slootwaterpeil. Dit verschil schrijven we toe aan een verschil in bergingscapaciteit. Bij een hogere sloot- en grondwaterstand is de grond eerder "vol". Het verschil is zeer duidelijk niet een gevolg van een eventueel lagere verticale K-verz. op plaatsen met een hoge sloot- en grondwaterstand. Vele hoge waarden voor K-verz. zijn gemeten met de kolommenmethode op percelen met relatief hoge waterstanden.

Een functionerende drainage garandeert uiteraard nog geen diepe grondwaterstanden. Ook het slootwaterpeil is van belang. Zo werden bij de komklei-op-veengronden op de proefplekken D1 en D2 bij Dalem van december tot eind maart grondwaterstanden gemeten van 20 tot 40 cm onder maaiveld, als gevolg van een ondiepe, maar functionerende drainage en ondiepe afwatering (afb. 5). Hoewel op de proefplekken bij Asperen de drains niet meer functioneren werden hier in de periode van onderzoek, ten gevolge van een 90 à 100 cm diepe slootwaterstand geen hogere grondwaterstanden aangetroffen dan in Dalem (afb. 6). Indien het slootwater zeer diep wordt gehouden, zoals bij proefplek M6 in het Land van Maas en Waal, waar het peil 1 à 2 meter beneden maaiveld was, komt nooit wateroverlast voor en staat het grondwater de gehele winterperiode zeer diep (afb. 7). In de herfst van 1977 werd het perceel van de proefplekken M2 en M3 opnieuw gedraineerd, omdat het oude systeem niet functioneerde. Afbeelding 8 illustreert duidelijk het effect van deze nieuwe goed functionerende drainage op de diepte van de grondwaterstand. Op het perceel hier direct naast gelegen, met de proefplekken M4 en M5 (afb. 1a) komen significant hogere grondwaterstanden voor

(afb. 8), terwijl in beide gevallen de slootwaterstand diep was. Hoewel de drains meestal water afvoerden blijkt uit het samenlopen van de grondwaterstand bij en tussen de drains, dat de drains niet goed functioneren op de proefplekken M4 en M5.

Resumerend concluderen we dat diepe grondwaterstanden worden gerealiseerd door: goed werkende drains met een redelijk diepe ontwatering òf door een zeer diepe ontwatering, waarbij eventueel niet goed functionerende drains aanwezig kunnen zijn.

Tabel 2 Verticale K-verz. waarden van de oranje roestige kleilaag van knipkleigronden van gedraineerde en niet-gedraineerde grasland-percelen

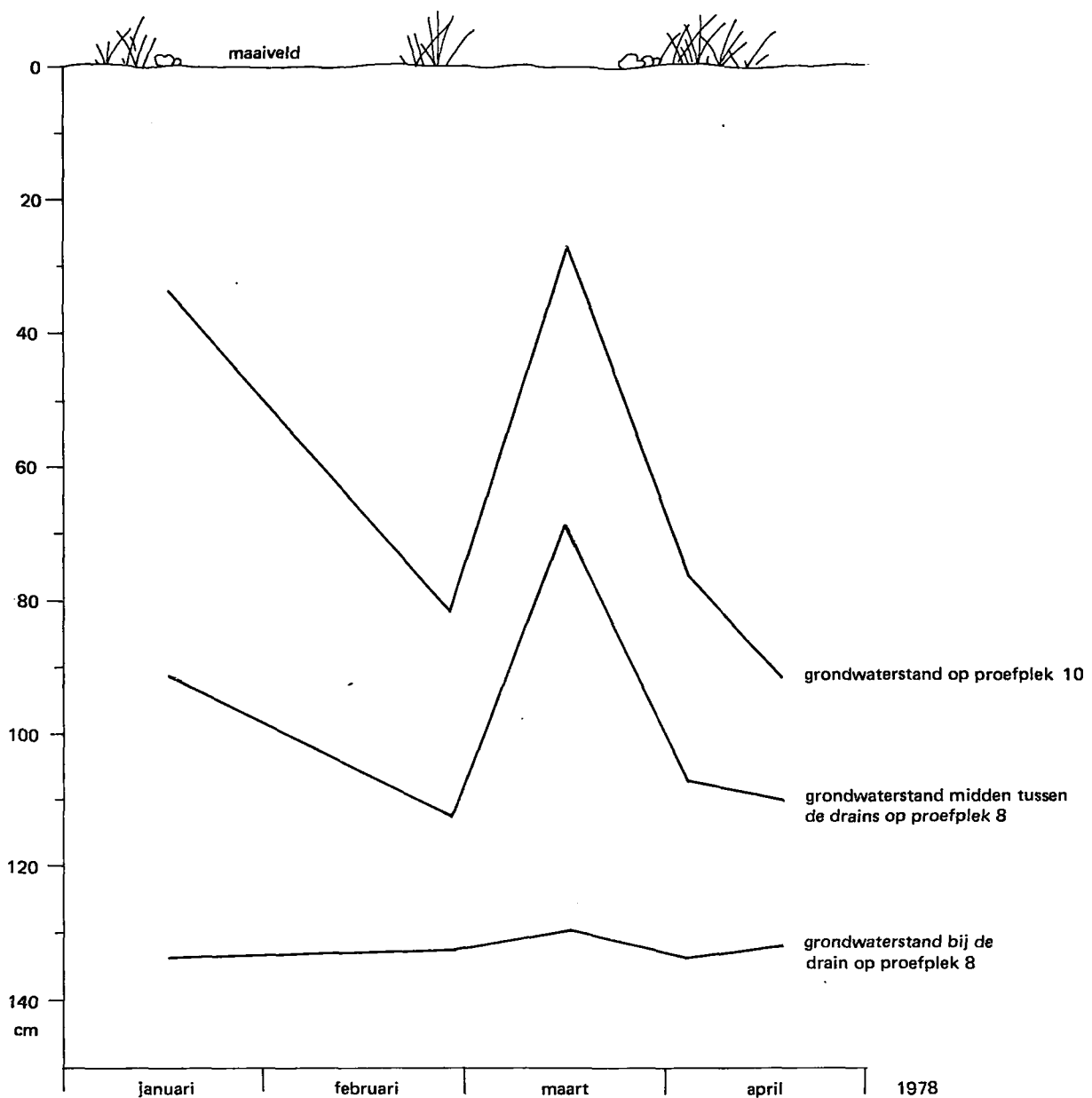
Niet-gedraineerd grasland		Gedraineerd grasland	
proefplek 1)	K-verz. in cm/dag	proefplek	K-verz. in cm/dag
1	7	7a	75
3	33	7b	100
2	40	11	120
7d	92	12	170
4	140	9	345
10	140	7c	1080
7e	4320	8	2130
13	5000	6	2304
		5	2880

1) In afb. 2 zijn de plaatsen waar de metingen zijn verricht aangegeven.

Tabel 3 Verticale K-verz. waarden van knipkleilagen van gedraineerde en niet-gedraineerde graslandpercelen

Niet-gedraineerd			Gedraineerd		
proef- plek 1)	diepte van de laag	K-verz. in cm/dag	proef- plek 1)	diepte van de laag	K-verz. in cm/dag
3	40-65 cm	< 1	9	35-60 cm	28
4	35-65 cm	0,7	11	40-65 cm	110
1	40-65 cm	3,5	8	40-65 cm	3840
2	40-65 cm	4,0	6	35-65 cm	17280
10	50-75 cm	5,5	5	35-65 cm	23040
7e	45-70 cm	83	7b	45-75 cm	3

1) In afb. 2 zijn de plaatsen waar de metingen zijn verricht aangegeven.



Afb. 9 Grondwaterstanden gedurende vier maanden gemeten op een niet – gedraineerd, begreppeld graslandperceel met knipkleigrond (proefplek 10) en op een ernaast gelegen gedraineerd graslandperceel ( proefplek 8.)

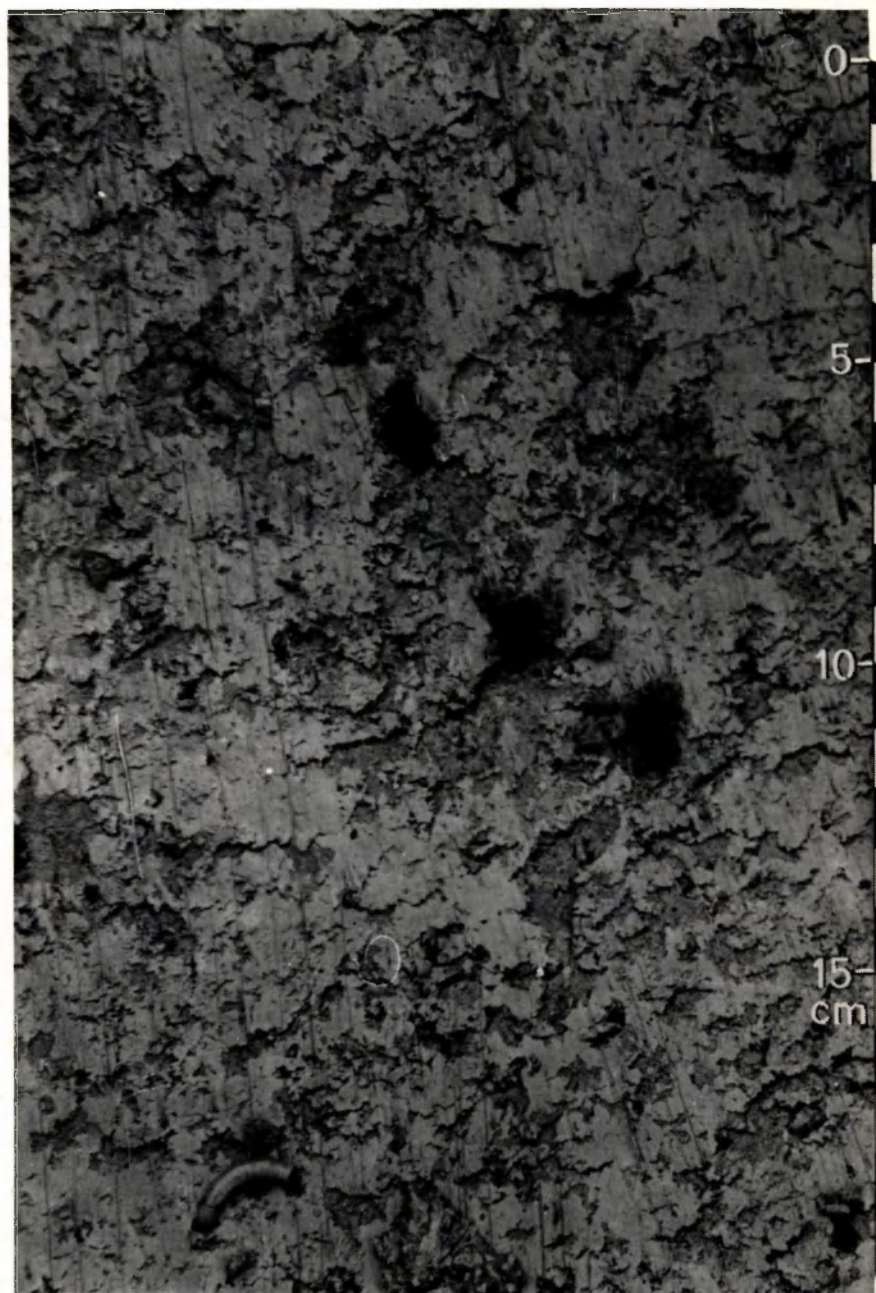


Foto Stiboka nr.: 22701

Foto 5 Horizontaal oppervlak in een kuil van een knipkleiprofiel met perforaties door wormen.

## 5 RESULTATEN EN DISCUSSIE BIJ DE KNIPKLEIGRONDEN

### 5.1 Doorlatendheidsgegevens van de knipkleiprofielen

Bij proefplek 5 is in de ondergrond van 100 tot 175 cm diepte een hu-meuze slappe kleilaag aangetroffen met een K-verz. van 2 cm per dag, geme-ten volgens de boorgatenmethode. Bij de ondergronden van de proefplekken 1 en 7a t/m 7e werden K-verz. waarden gemeten van één tot enkele meters en op de overige proefplekken van 20 cm tot 90 cm per dag. Bij metingen van de laag van 35 à 50 tot 90 à 100 cm diepte met behulp van de boorgatenmetho-de werden op de proefplekken 3, 4, 9 en 11 K-verz. waarden gevonden van minder dan 5 cm per dag en bij de proefplekken 5, 7d en 10 van 5 à 9 cm per dag. Op de proefplekken 3 en 4 werden ook met behulp van de kolommenmetho-de voor lagen uit dit profielgedeelte zeer lage waarden van zelfs minder dan 1 cm per dag gemeten; op de overige proefplekken werd echter steeds een veel hogere K-verz. gemeten.

De verticale K-verz. van de oranje roestige kleilaag, gemeten op een diepte van 15 à 20 tot 40 à 50 cm, is over het algemeen groot en varieert op de 17 proefplekken van 7 cm tot 5000 cm per dag. Zowel bij de gedraineer-de als bij de niet-gedraineerde percelen komen hoge waarden voor (zie tabel 2).

*De verticale K-verz. waarde van de knipklei is op de gedraineerde percelen significant (met een waarschijnlijkheid van 97½ %) hoger dan op de niet-gedraineerde percelen.* In tabel 3 zijn de gemeten K-verz. waarden weergegeven. Met uitzondering van proefplek 7e is K-verz. op alle niet-gedraineerde knipkleipercelen lager dan 5,5 cm/dag en op de gedraineerde percelen met uitzondering van proefplek 7b hoger dan 28 cm.

Op een bedrijf ten zuiden van Lollum werd een knipkleilaag gemeten op een niet-gedraineerd perceel, een perceel met een oude, ondiepe drainage en op een perceel met een nieuwe, diepe drainage (resp. de proefplekken 10, 9 en 8). De K-verz. waarden bedroegen resp. 5,5, 28 en 3840 cm per dag. Ook hieruit blijkt het effect op de doorlatendheid van een goed functione-rende en diepe drainage (vergelijk ook de grondwaterstanden van afb. 9). Op-vallend waren de tot grote diepte voorkomende wormgangen op proefplek 8. In de brúnlaag komen overal vrij veel wormen voor en deze gaan kennelijk bij diepe grondwaterstanden naar beneden en perforeren daarmee de knipklei (zie ook foto 5). Dit mechanisme lijkt uniek te zijn voor de knipklei. Drainage en ontwatering van komklei leidt wel tot een verhoogde K-verz. maar niet als gevolg van diepe wormgangen. Als gevolg van deze perforaties komen K-verz. waarden van meer dan 200 meter per dag in sommige knipkleilagen voor.

Het niet-gedraineerde perceel met proefplek 7e ligt enkele decimeters hoger dan het           gedraineerde perceel met proefplek 7b. Een dieper gaan



van de wormen op het niet-gedraineerde perceel is vermoedelijk de reden dat hierbij een hoge en op het gedraineerde perceel ernaast een lage K-verz. waarde werd gemeten.

## 5.2 Grond- en slootwaterstandsgegevens

In de periode januari tot april stond het slootwater bij de niet gedraineerde graslandpercelen van de proefplekken 1 t/m 4 (afb. 2) op 60 à 90 cm beneden het maaiveld en bij de proefplekken 10 en 13 op 140 à 150 cm. Bij de gedraineerde graslandpercelen van de proefplekken 5, 11 en 12 stond het slootwater in deze periode op 80 à 100 cm beneden maaiveld en bij de percelen van de proefplekken 6, 8 en 9 op 140 à 150 cm.

Op de niet-gedraineerde percelen werden in de maanden januari tot april gemiddeld hogere grondwaterstanden aangetroffen. Zeer effectief functioneerde de drainage in deze periode op het perceel van proefplek 8 (zie afb. 9). Bij de drain stond het grondwater constant op drainniveau. Midden tussen de drains varieerde de grondwaterstand in deze periode tussen 70 en 110 cm diepte. Op het niet-gedraineerde perceel er vlakbij gelegen, van hetzelfde bedrijf en met dezelfde bodemopbouw (proefplek 10), werden grondwaterstanden van o.a. 27 cm en 34 cm gemeten (curve 10 in afb. 9). Op proefplek 9, gelegen op ditzelfde bedrijf op een perceel met een ondiep en meer dan twintig jaar oude drainage, kwamen slechts iets diepere grondwaterstanden voor dan op het niet-gedraineerde perceel. Duidelijk blijkt, dat bij een goed functionerende diepe drainage bij de knipkleigronden diepe grondwaterstanden in het natte seizoen zijn te realiseren.

In maart 1978 was de bovengrond van de knipkleigronden zeer nat en moeilijk berijdbaar. Ook bij grondwaterstanden van 50 à 60 cm gedroeg de bovengrond zich als een natte spons en was het onmogelijk om naar de proefplekken te rijden met een auto. Dit was opvallend temeer, daar dit in maart in het komkleigebied zeer goed mogelijk was terwijl er, zoals uit een vergelijking van afb. 3 met afb. 4 blijkt, geen duidelijke verschillen in neerslag voorkwamen. De brúnlaag, die zeer humeus en rul is, werkt kennelijk als een "spons". Een steviger en minder natte bovengrond werd aangetroffen op gedraineerde en geëgaliseerde knipkleipercelen. Deze stevigheid was vermoedelijk niet alleen het gevolg van een betere ontwatering, maar ook van het verschrallen van de humeuze bovengrond, ten gevolge van het ploegen en egaliseren van de grond.

## 6 CONCLUSIES

### 6.1 Voor komklei

1. Er vond in de komklei een toename van de verticale K-verz. plaats, ten gevolge van een verbeterde diepe ontwatering en het (aanvankelijk) goed functioneren van de drainage. Dit pleit voor het handhaven van diepe slootwaterstanden en het doorspoelen van bestaande drains.
2. Wateroverlast in het komkleigebied in herfst tot vroeg voorjaar is primair te wijten aan een slecht functionerend drainagesysteem en niet aan een kleine K-verz. van de komklei. Vooral bij minder goed functioneren van de drains is het belangrijk dat het slootwaterpeil diep is.

### 6.2 Voor knipklei

1. Drainage van knipkleigronden resulteert in een sterke toename van de verticale K-verz. van de slecht doorlatende knipkleilaag, die onder de roestige laag wordt aangetroffen. Hierbij spelen wormen een belangrijke rol.
2. De oranje roestige kleilaag onder de brúnlaag bij de knipkleigronden, die door sommige bodemkundigen en cultuurtechnici ten onrechte als de slechtste laag in het knipkleiprofiel wordt beschouwd, blijkt op alle plekken die zijn gemeten een zeer grote verticale verzadigde doorlatendheid te bezitten.

## 7 LITERATUUR

- Anderson, J.L. and J. Bouma. 1973: Relationships between hydraulic conductivity and morphometric data of an argillic horizon. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37: 408-413.
- Baker, F.G. and J. Bouma. 1976: Variability of hydraulic conductivity in two subsurface horizons of two silt loam soils. Soil Sci. Soc. Amer. Journal. Vol. 40: 219-222.
- Bannink, J.F. en J.C. Pape. 1967: De bodemgesteldheid van het Natuurreservaat "Komgronden Tielerwaard" Rapport nr. 709, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Beers, W.F.J. van. 1963: The Augarhole method. Int. Inst. voor Landaanwinning en Cultuurtechniek. Bull. nr. 1.
- Bodemkaart van Nederland 1973: Blad 39 West en 39 Oost Rhenen. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bodemkaart van Nederland 1974: Blad 10 West en 10 Oost Sneek. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bodemkaart van Nederland 1976: Blad 5 West en 5 Oost Harlingen. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bouma, J. 1977: Soil Survey and the study of water in unsaturated soil. Simplified theory and some case studies. Soil Survey Papers no. 13, 107 pp.
- Bouma, J., L.W. Dekker en H.L. Verlinden. 1976: Drainage and vertical hydraulic conductivity of some Dutch "knik" clay soils. Agricultural Water Management 1: 67-87.
- Boumans, J.H. 1963: Een algemene nomografische oplossing van stationaire vraagstukken, Polytechnisch Tijdschrift 1963 nr. 18-14b pag. 545-551.
- Bouwer, H. 1962: Field determination of hydraulic conductivity above a water table with the double tube method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 330-335.
- Dekker, L.W. en J. Bouma. 1976: De verticale verzadigde doorlatendheid van enige gronden met een pikkelleilaag in de omgeving van Schagen. Rapport nr. 1274, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dekker, L.W. en J. Bouma. 1978: Relaties tussen de verticale verzadigde doorlatendheid van enige komkleigronden en het voorkomen van plasvorming. Cultuurtechnisch Tijdschrift (in druk).
- Edelman, C.H. 1950: Inleiding tot de bodemkunde van Nederland. N.V. Noord-Hollandsche Uitg. Mij. Amsterdam, 178 pp.
- Eeden, C. van and C.L. Rümke. 1958. Wilcoxon's two sample test. Statistica Neerlandica 12, p. 275-280.
- Ernst, R.F. 1954: Een nieuwe formule van de berekening van de doorlaatfactor met de boorgatenmethode. Rapp. Landbouwk. Proefstation Groningen.

- Hoorn, J.W. van 1960: Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 66.10 Wageningen.
- Schelling, J. 1970: Bodemvorming. Cursus Bodemkunde. Deel 1 Theoretische bodemkunde; p. 55-104.

STADIAAL LANDBOUW